

Univerzita Karlova
Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Biologie



Lucie Henková Mauleová

Biomonitoring ekologického stavu rašelinišť – NCV index, acidifikace a eutrofizace
Ecological biomonitoring of peatlands – the NCV index, acidification and eutrophication

Bakalářská práce

Školitel: doc. RNDr. Jiří Neustupa, Ph.D.

Praha, 2018

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 15. srpna 2018

Podpis

Poděkování

Ráda bych poděkovala svému školiteli Jiřímu Neustupovi za ochotu, trpělivost a cenné rady při vedení této práce Janu Šťastnému za ochotné konzultace a doporučenou literaturu.

Abstrakt

Biomonitoring je metoda stanovení vlastností ekosystému na základě jeho biologických vlastností, zejména složení bioty. Na základě různých biomonitorovacích systémů zaměřených na vodní ekosystémy je možné kvantifikovat například čistotu nebo úživnost vody pro potřeby vodního hospodářství nebo charakterizovat ekologický stav ekosystému pro vědecké a ochranné účely. Zatímco biomonitorovací systémy zabývající se jakostí vody jsou velmi rozšířené a rutinně používané, systémy zabývající se charakteristikou ekologického stavu ekosystémů (např. sukcesní stadium, stabilita) jsou využívány méně a jejich širší využití v budoucnu by mohlo napomoci lepšímu pochopení a managementu některých vodních ekosystémů.

Jedním z ekologicky zaměřených biomonitorovacích systémů je NCV index (natural conservation value index, index přírodní konzervační hodnoty), který je zaměřen na mokřady, k jejichž hodnocení využívá krásivková společenstva. Pomocí zhodnocení druhové diverzity, vzácnosti zastoupených druhů a vyspělosti ekosystému, pro který jsou tyto typické, se NCV index snaží zprostředkovaně popsat hodnotu ekosystému z hlediska jeho nahraditelnosti.

Klíčová slova: biomonitoring, rašeliniště, krásivky, NCV index, trofie, saprobita, acidifikace, eutrofizace

Abstract

Biomonitoring is a method of ecosystem properties determination based on its biological properties, especially composition of the biota. Based on various aquatic-oriented biomonitoring systems, it is possible to quantify, for example, water purity or trophic index for water management purposes or to characterize the ecological status of the ecosystem for scientific and conservation purposes. While water quality-oriented biomonitoring systems are widespread and routinely used, ecology state-oriented (quantifying qualities like succession stage or stability) are less exploited and their wider use in the future could help understanding and management of some aquatic ecosystems.

One of the ecology-oriented biomonitoring systems is NCV index (natural conservation value index) oriented to wetlands which it evaluates through their desmid biota, measuring species diversity, rarity of represented species and ecosystem maturity for which they are typical, and rarity of represented species NCV index aims to describe the value of the ecosystem in terms of its replicability.

Key words: biomonitoring, peatlands, desmids, NCV index, trophic state, saprobity, acidification, eutrophication

Obsah

Abstrakt

Abstract

1. Úvod.....	1
1.1. Cíle práce	1
1.2. Úvod do ekologicky zaměřeného biomonitoringu	1
2. Biomonitoring obecně.....	2
2.1. Vymezení pojmů a oblasti zájmu	2
2.2. Klasifikace	2
2.3. Biomonitorovací systémy zaměřené na kvalitu vody	2
2.3.1. Saprobni systémy	3
2.3.2. Trofické systémy	3
2.3.3. Kombinované troficko-saprobni systémy	3
2.4. Další systémy orientované na vlastnosti vody.....	3
2.5. Ekologické systémy	4
2.5.1. Příklady	4
3. Úvod do biologie krásivek	5
3.1. Morfologie	5
3.2. Rozmnožování	5
3.3. Výskyt a ekologické nároky	6
4. Rašeliniště.....	7
4.1. Druhy rašelinišť	7
4.2. Flora rašelinišť	9
4.3. Biomonitoring rašelinišť	9
4.4. Acidifikace a eutrofizace	9
5. NCV index	10
5.1. Princip výpočtu.....	10

5.2.	Kritéria.....	10
5.3.	Výběr bioindikačních druhů	11
5.4.	Příklady využití ve studiích	11
5.4.1.	Coesel, 2000	11
5.4.2.	Krasznai, 2008.....	12
6.	Závěry	14
	Přehled použité literatury	15

1. Úvod

1.1. Cíle práce

Cílem práce je přehledně shrnout koncept biomonitoringu ekologického stavu rašeliništních mokřadů na základě struktury společenstev fyto-bentosu.

Práce se věnuje klasifikaci biomonitoringu obecně, charakteristice ekologických biomonitorovacích systémů, z nichž se věnuje především NCV indexu a jeho využití ke stanovení konzervační hodnoty mokřadů.

1.2. Úvod do ekologicky zaměřeného biomonitoringu

Vodní ekosystémy v největší obecnosti jsou pro lidstvo hospodářsky významné, a to především jako zdroj vody. Je proto žádoucí mít rutinně použitelné metody ke zjištění kvality vody, čehož lze dosáhnout mnohdy zhodnocením bioty takového vodního ekosystému. Biomonitoring vodních ekosystémů je proto nejčastěji právě na kvalitu vody zaměřen, typicky zjišťuje její úživnost (obsah především anorganických látek umožňujících růst biomasy) nebo míru znečištění organickými látkami.

Pro potřeby ochrany přírody a další výzkum je ale užitečné znát nejen kvalitu vody, ale také ekosystému samotného. Některé ekosystémy jsou snadněji nahraditelné než jiné, a to jednak z hlediska stability, tedy odolnosti ekosystému proti nahrazení jiným, a jednak z hlediska konzervační hodnoty, tedy obnovitelnosti, respektive neobnovitelnosti takového ekosystému v případě jeho nahrazení jiným (dále rozebráno v kapitole 6. NCV index). Biomonitorovací systémy, které se snaží popsat stav ekosystému nazývám v této práci ekologické biomonitorovací systémy (dále rozebráno v kapitolách 2.2. Klasifikace a 2.5. Ekologické systémy).

Jedním z ekologicky zaměřených biomonitorovacích systémů je NCV index (natural conservation value index, index přírodní konzervační hodnoty). Oproti jiným ekologickým systémům založeným např. na makrofauně (Karr 1986) nebo rozsivkách (Bacillariophyceae) (Kelly a kol. 2009) nebo široké škále taxonů (Cellamare et al. 2012), NCV index je založen na společenstvech krásivek (Desmidiaceae) a zaměřuje se na rozdíl od dříve zmíněných systémů na monitoring mokřadů, zvláště rašelinišť.

2. Biomonitoring obecně

2.1. Vymezení pojmů a oblasti zájmu

Biomonitoringem se pro potřeby této práce rozumí metoda stanovení vlastností ekosystému na základě biologických vlastností, typicky složení jeho bioty. Biomonitorovacím systémem se rozumí soubor pravidel ke stanovení určitých vlastností ekosystému pro příslušnou skupinu ekosystémů (např. NCV index, Trophic diatom index, ...). Tato práce se věnuje biomonitorovacím systémům zaměřeným na stanovení vlastností vodních ekosystémů, a to zejména na základě složení řasové bioty.

2.2. Klasifikace

Biomonitorovací systémy lze zjednodušeně sdružit do skupin podle předmětu jejich zájmu a dále podle jeho zjišťovaných vlastností. První velkou skupinou jsou systémy zjišťující prostřednictvím bioty vlastnosti vody. Proti nim stojí druhá skupina popisující na základě složení bioty vlastnosti ekosystému, tedy částečně bioty samotné. Zatímco první skupina biomonitorovacích systémů využívá korelace složení bioty s vlastnostmi vody k popisu vlastností vody (např. množství rozpuštěných minerálních živin, množství obsaženého organického odpadu, pH, salinita, ...), které by bylo z nějakého důvodu nespolehlivé, obtížné nebo nemožné měřit přímo, druhá skupina popisuje ekosystém samotný např. z hlediska jeho stability (Coesel 2001; Karr 1986). Takové biomonitorovací systémy jsou pro potřebu této práce označeny souhrnně jako ekologické.

Ekologické systémy jsou do určité míry definované kruhem, jsou určeny ke shrnutí vlastností studované bioty. Zjištěné hodnoty se proto hodí především jako výchozí data pro další výzkum daných lokalit. Mezi ekologické systémy můžeme řadit i takové, které sice přísně vzato zjišťují vlastnosti vody, ale činí tak za účelem předpovědi osudu ekosystému na dané lokalitě (Kelly et al. 2009).

Z první skupiny na kvalitu vody zaměřených systémů jsou nejčastěji využívány navzájem se doplňující systémy saprobní a trofické, zaměřující se na zjišťování znečištění, respektive úživnosti vody, a to často pro hospodářské účely.

2.3. Biomonitorovací systémy zaměřené na kvalitu vody

Saprobní systémy zkoumají míru organického znečištění, kterou určují na základě složení společenstva vybraných skupin organismů typicky do několika upořádaných kategorií.

Trofické systémy zkoumají míru úživnosti, tedy množství biomasy, kterému je dané prostředí schopno dát za vznik v souvislosti s dostupnými minerálními živinami.

Oba typy, trofické i saprobní systémy, jsou zaměřeny na zjišťování kvality vody a využívány ve vodním hospodářství (Coesel 2001).

2.3.1. Saprobní systémy

Saprobní systémy zkoumají míru znečištění, kterou určují na základě složení společenstva vybraných skupin organismů typicky do několika upořádaných kategorií.

2.3.1.1. *Kvantifikace*

Saprobní systémy měří na základě složení společenstva zprostředkovaně saprobitu. Ta je definována jako Ke kvantifikaci míry znečištění využívají saprobní systémy množství biomasy přítomné v jednotce objemu.

2.3.1.2. *Příklady*

Mezi saprobní systémy patří např. systémy podle Zelinky a Marvana (Marvan a Němejcová 2012) nebo Sládečka (1973).

2.3.2. Trofické systémy

2.3.2.1. *Kvantifikace*

Ke kvantifikaci úživnosti využívají množství biomasy v jednotce objemu, kterému je schopno dané prostředí dát vzniknout v předem definovaných podmínkách (nárůst biomasy řasy do konstantní hmotnosti sušiny ve vzorku vody).

2.3.2.2. *Příklady*

Mezi trofické systémy patří např. Trophic diatom index, trofický rozsivkový index (Kelly 2001, 1998).

2.3.3. Kombinované troficko-saprobní systémy

V některých případech saprobity a trofie ekosystému úzce souvisí, případně se doplňuje a různé kombinace těchto vlastností definují dobře typ vodního ekosystému. Takovým kombinovaným biomonitorovacím systémem je např. Sládečkův troficko-saprobní systém.

2.4. Další systémy orientované na vlastnosti vody

Mezi další tradičně využívané systémy patří systémy rybí pásem, pH-orientované systémy a systémy orientované na salinitu.

2.5. Ekologické systémy

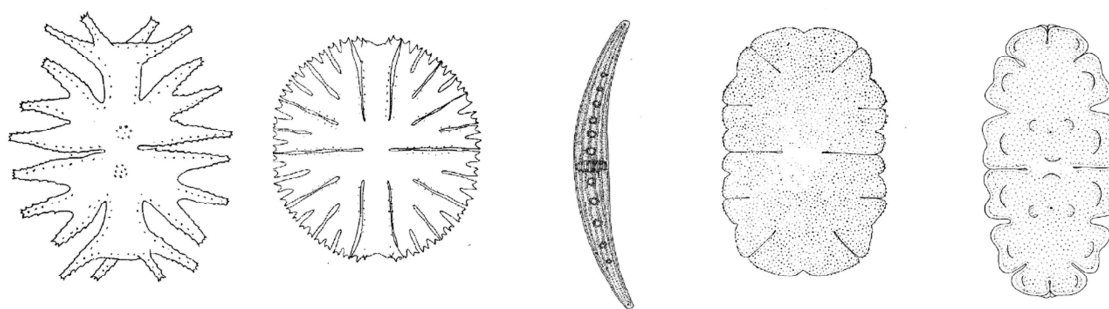
2.5.1. Příklady

Ekologický systém založený na rozsivkách, vzniklý v reakci na evropskou legislativu a orientovaný na eutrofizaci řek odpadní vodou vytvořil Kelly (2009).

Za ekologický systém se dají považovat pravděpodobně i systémy rybích pásů, které kromě vlastností vody prostřednictvím makrobioty charakterizují vlastně i onu makrobiotu samotnou.

Dalším příkladem je Index biotické integrity (Karr 1986) určený pro USA a založený na makrobiotě. Je určen pro tekoucí vody a jeho kritérii jsou druhové složení, úživnost, abundance rybích druhů a kondice ekosystému.

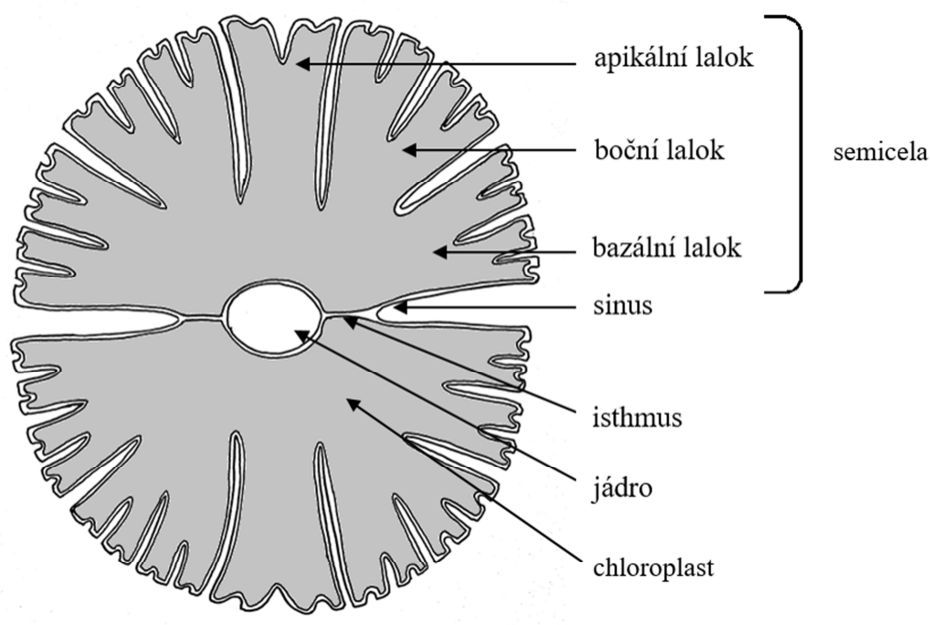
3. Úvod do biologie krásivek



Obrázek 1: Zástupci řádu krásivky (Desmidiales). Jednotlivé obrázky převzaty z (Coesel a Meesters 2007).

Krásivky (Desmidiales) jsou řád zelených převážně vodních řas třídy Zygnematophyceae.

3.1. Morfologie



Obrázek 2: Morfologie typické krásivkové buňky

Jedná se o převážně jednotlivé buňky s dvoudílnou buněčnou stěnou často oddělenou výrazným zúžením v místě jejich spojení. (viz *Obrázek 2*). Několik rodů tohoto řádu jsou vláknité řasy nebo typické jednobuněčné krásivky tvořící krátká vlákna (Kalina a Váňa 2005).

3.2. Rozmnožování

Stejně jako ostatní řasy ze skupiny spájivek (Zygnematophyceae) i krásivky (Desmidiales) jsou schopny pohlavního rozmnožování spájením, které probíhá splnutím améboidních

protoplastů opustivších buněčnou stěnu (Coesel a Meesters 2007; Kalina a Váňa 2005). Mnohem běžněji se ale rozmnožují nepohlavně, a to protažením střední části buňky a dotvořením jedné poloviny semicely (Kalina a Váňa 2005).

3.3. Výskyt a ekologické nároky

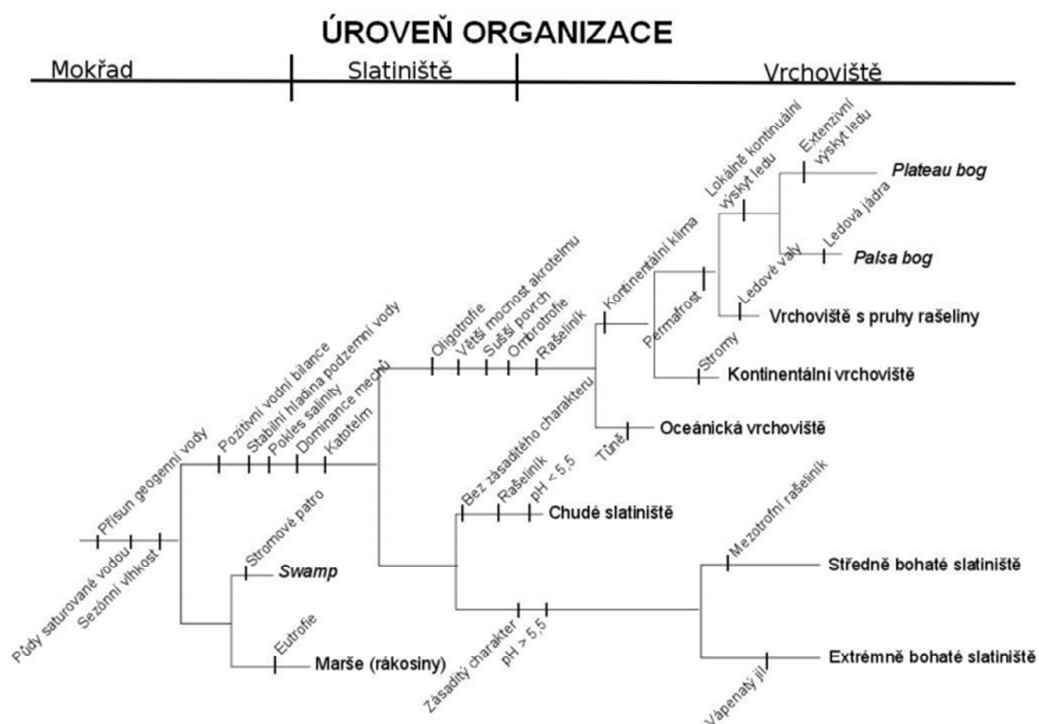
Krásivky se vyskytují celosvětově, v mírném pásu se vyskytují především v čistých méně úživných vodách. V Rakousku byla zaznamenána jedna z největších diverzit krásivek právě v mírně kyselých rašeliništích (pH 6 – 6,8), dále pak v kyselých mezotrofních vodách (pH 5 – 6,5) (Kalina a Váňa 2005 podle Lenzenwerera 1996). Jednotlivé druhy krásivek mají vyhraněné ekologické nároky, což je předurčuje k využití coby bioindikátorů v biomonitoringu vodních ekosystémů.

4. Rašeliniště

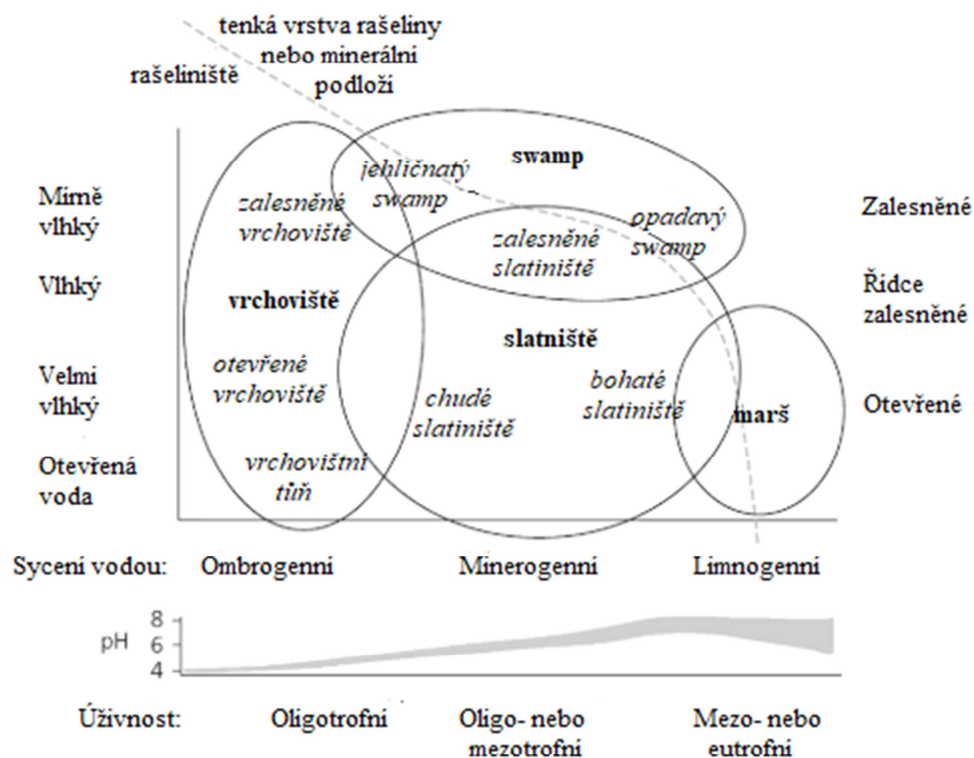
Rašeliniště jsou skupina vnitrozemských mokřadních biotopů, kde v důsledku trvalého zamokření spodní nebo srážkovou vodou (viz 5.1. *Druhy rašelinišť*) a s ním související anoxií dochází k nedostatečnému rozkladu hromadící se biomasy, typicky mechů. Dochází k nedokonalému odbourávání organické hmoty a vzniku rašeliny (Rydin a Jeglum 2013). Díky těmto a dalším, pro určité druhy rašelinišť specifickým, vlastnostem jsou rašeliniště domovem unikátní bioty. Rašeliniště jsou tradičně vnímána jako terestrické ekosystémy, ačkoli hostí vodní biotu hodnou samostatné pozornosti a stojí proto spíše na pomezí terestrických a vodních ekosystémů (Rydin a Jeglum 2013). Pro účely této práce rozumíme rašeliništi zejména jejich vodní složku a její biotu.

4.1. Druhy rašelinišť

Rašeliništi je nazývána velmi široká skupina biotopů navzájem se od sebe lišících polohou v různých zeměpisných šířkách, nadmořských výškách a dalšími vlastnostmi (Rydin a Jeglum 2013), což je důvodem nekonzistence bioty rašelinišť podle této jejich široké definice. Pro účelnější popis stanovišť spadajících do této skupiny bylo vytvořeno několik klasifikací rašelinišť podle sycení vodou, reakce (kyselosti), minerálního složení a úživnosti vody, ale také z hlediska charakteru terénu, jeho zalesnění, výskytu tůní atd. (Rydin a Jeglum 2013; Vitt 2006). Přehled druhů boreálních mokřadů a rašelinišť poskytuje *Obrázek 3*, resp. *Obrázek 4*.



Obrázek 3: Členění boreálních mokřadů (Vitt 2006), převedeno do češtiny (Hanousková 2016)



Obrázek 4: Klasifikace rašelinišť (Rydin a Jeglum 2013), převedeno do češtiny

4.2. Flora rašelinišť

Hlavním primárním producentem se současnou strukturní funkcí jsou mechy, u typických rašeliníkových rašelinišť pak zástupci rodu *Sphagnum*, rašeliníky.

Z cévnatých rostlin obývají rašeliniště druhy adaptované na živinami chudé prostředí, typicky rostliny z čeledi Ericaceae adaptované na podmínky rašeliniště díky erikoidní mykorhize, nebo masožravé rostliny (např. rosnatky, bublinatky...) kompenzující nedostatek minerálních živin v prostředí lovem drobných živočichů; dále různé druhy ostřic (*Carex*), např. *Carex limosum*.

4.3. Biomonitoring rašelinišť

Rašeliniště jsou typická akumulací velkého množství nerozloženého organického materiálu. Ten je zároveň úložištěm minerálních živin, zejména dusíku a fosforu, které se tak stávají nedostupnými pro další biotu. Ta může získávat živiny převážně pouze z vody, kterou je rašeliniště napájeno.

4.4. Acidifikace a eutrofizace

Změní-li se složení vody, která rašeliniště nebo podobný mokřad napájí, změní se výrazně i jeho mikrobiota. Vzhledem k citlivosti krásivek na prostředí je možné takové změny vyzorovat na změně jejich zastoupení (Coesel 2000).

5. NCV index

NCV index (*natural conservation value*, index přírodně konzervační hodnoty) je biomonitorovací systém kvantifikující konzervační hodnotu, respektive nenahraditelnost a zároveň stabilitu lokality.

Vychází z ekonomického konceptu, který říká, že komodita má tím větší hodnotu, čím je vzácnější, nedostupnější. Vyšší hodnotu má podle tohoto předpokladu ekosystém, jehož nahraditelnost je malá, tedy ekosystém, který by se po disturbanci vracel do svého současného stavu dlouho, obtížně (např. s omezením na velmi specifické lokality), nebo by se do něj vůbec nevrátil (např. v důsledku vyhubení endemitů). Naopak ekosystémy spíše pionýrského charakteru jsou nahraditelné snadno; přímo na původním stanovišti, nebo na mnoha jiných se může podobný ekosystém samovolně vyvinout za krátkou dobu a bez zvláštních nároků.

Jelikož konzervační hodnota ekosystému může být dle tohoto pohledu dána několika navzájem nepřilíš závislými vlastnostmi, využívá se pro její popsání tři *kritéria*, z nichž každé reprezentuje jednu z hlavních vlastností činících ekosystém konzervačně hodnotným (dále viz Kritéria).

5.1. Princip výpočtu

Konzervační hodnota ekosystému pro potřeby NCV indexu je dána součtem hodnot tří *kritérií*, a sice druhové diverzity, vzácnosti vyskytujících se druhů a vyspělosti ekosystému. Bioindikačním druhům jsou přiděleny číselné hodnoty na určité škále pro každé ze tří výše zmíněných kritérií. Výsledná hodnota každého faktoru je průměrem hodnot pro dané kritérium všech bioindikačních druhů zaznamenaných ve zkoumaném ekosystému.

5.2. Kritéria

Kritéria konzervační hodnoty jsou na sobě navzájem méně závislé vlastnosti ekosystému, které vyjadřují míru jeho nenahraditelnosti. Díky využití několika kritérií tak mohou dosahovat stejné konzervační hodnoty ekosystémy s navzájem rozdílnými konzervačními kvalitami.

Druhová diverzita (species diversity) odráží celkovou vyspělost a komplexitu ekosystému a diverzitu nik. Souvisí se stabilitou ekosystému, neboť druhově bohaté společenstvo obývajících velké množství nik je méně náchylné k vytlačení jinými druhy. Nabývá kategoriálních hodnot od jedné do tří dle množství druhů, a to podle arbitrárně stanovené hranice počtu druhů. Hranice je zvlášť stanovena pro tři kategorie stanovišť rozdělené podle kyselosti, s ohledem

na největší diverzitu krásivek v mírně kyselých vodách (Coesel 2001; Kalina a Váňa 2005 dle Lenzenwerera 1996).

Vzácnost druhů (rarity) vyskytujících se v ekosystému odráží oproti předchozím kritériím stabilitu, vyspělost ekosystému, ale spíše naopak jeho zranitelnost. Vychází z úvahy, že výskyt vzácných druhů souvisí s unikátními a těžko nahraditelnými abiotickými podmínkami prostředí (Coesel 2001). Nabízí se však otázka, nakolik je výskyt velmi vzácných, i endemických druhů spojen s podmínkami prostředí a nakolik je výsledkem náhody a do značné míry ostrovního chování vodních ekosystémů v souvislé souši. Zvláště v případě ostrovně-ekologického vysvětlení výskytu vzácných druhů lze považovat takové stanoviště za unikátní přinejmenším v regionálním měřítku a kritérium vzácnosti tak svůj účel naplňuje.

Hodnota vzácnosti pro dané stanoviště se stanovuje opět kategoriálně podle součtu hodnot vzácnosti všech vyskytujících se druhů. Tyto hodnoty jsou druhům přiděleny a nabývají hodnot od nuly do tří, samotná hodnota vzácnosti pro stanoviště nabývá opět hodnot od jedné do tří a určuje se opět zvlášť pro tři kategorie vody podle kyselosti.

Vyspělost ekosystému (maturity) souvisí s jeho nahraditelností ve dvou smyslech, a sice ve smyslu větší stability, a tedy nižší tendence vyspělých ekosystémů být nahrazeny pionýrskými, a ve smyslu větší náročnosti dosáhnout takového stavu ekosystému oproti ekosystému ruderálnímu. Počítá se analogicky k vzácnosti, ale nabývá hodnot od jedné do čtyř. Tento relativní větší důraz je vysvětlen významem tohoto kritéria pro rozpoznání target species pro účely ochrany (Coesel 2001).

5.3. Výběr bioindikačních druhů

Konzervační hodnota podle NCV indexu nezávisí na kyselosti vody. Vzhledem k závislosti složení krásivkových společenstev vodních ekosystémů na kyselosti vody využívá NCV index oddělené soubory bioindikačních druhů s přiřazenými hodnotami jednotlivých kritérií pro vodní tělesa s různou kyselostí vody. Konkrétně se jedná o tři oddělené podsoubory pro různou kyselost vody.

5.4. Příklady využití ve studiích

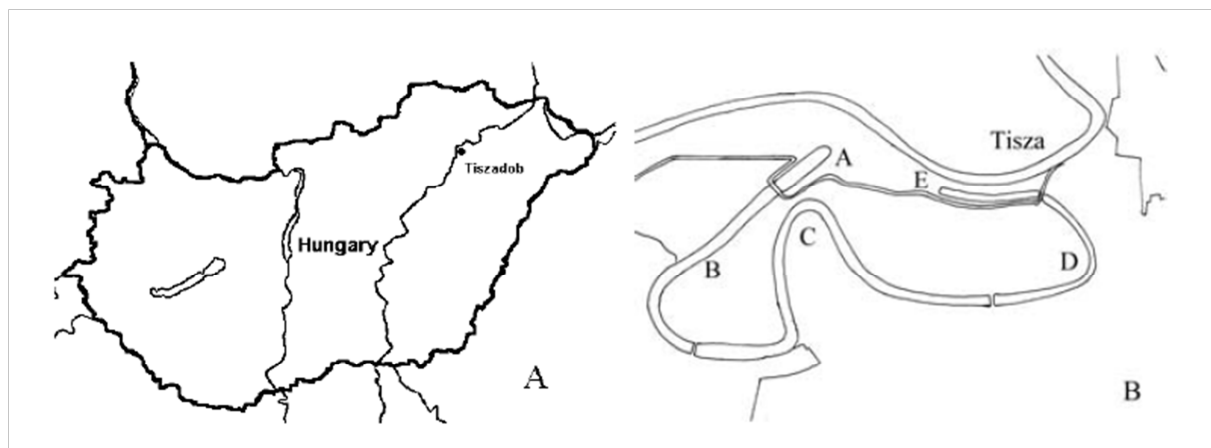
5.4.1. Coesel, 2000

Coesel (2000) popisuje studii z Utrechtu, kde byly vyhodnoceny vzorky z devíti lokalit různých velikostí a vyhodnoceno zastoupení a abundance jednotlivých druhů krásivek. Studie ukázala velký rozpor mezi ekologickým stavem stanovišť, který by napovídala přítomná makroflóra, a krásivkovými společenstvy, což Coesel přisuzuje výrazné změně podmínek

prostředí v dané oblasti způsobené člověkem (acidifikace), na kterou citlivější krásivky s krátkou generační dobou zareagovaly pružněji. To hovoří ve prospěch potenciálu metody založené na jejich společenstvu odhalit rychleji změny ve stavu ekosystému, které makroflóra zaznamená až po delší době.

5.4.2. Krasznai, 2008

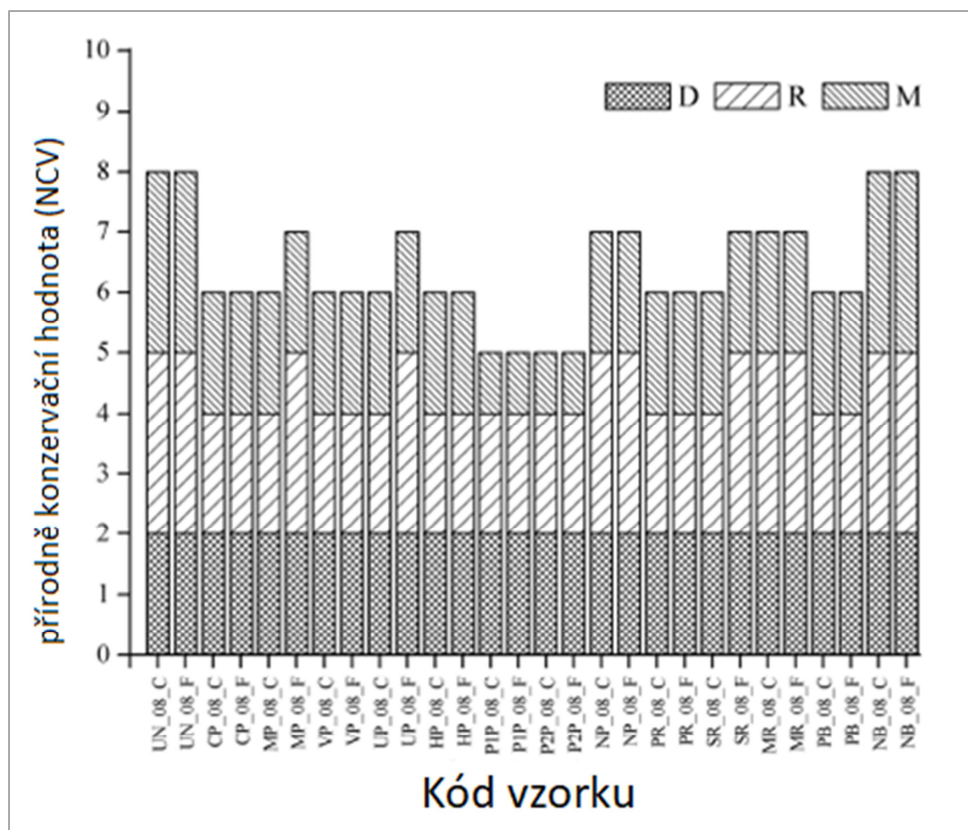
Studie z Maďarska (Krasznai a kol. 2008) se pokusila využít Coeselovu metodu pro zhodnocení přírodně konzervační hodnoty mrtvého ramene řeky Tisza (viz *Obrázek 5*). Mrtvá ramena nebo jim podobné biotopy jsou v Maďarsku dominantními typy mokřadů (Krasznai a kol. 2008), bylo by proto užitečné mít k dispozici metodu vhodnou k jejich hodnocení. Pro účely využití metody v tomto regionu byly v předchozím kroku přehodnoceny hodnoty vzácnosti jednotlivých druhů s ohledem na jejich odlišnou vzácnost, a tedy indikační potenciál oproti Nizozemí, kde původní metoda vznikla (Krasznai a kol. 2008, Fehér 2007). NCV index byl potom stanoven podle obou metrik (viz *Obrázek 6*). Studie ukázala, že rozdíl výsledků při využití různých metrik je minimální (viz *Obrázek 6*). Zároveň poukázala na význam diverzity mikrohabitatů. Výsledkem bylo seznání metody užitečnou pro hodnocení tohoto typu biotopů, ačkoli bylo navrženo zaměřit se napříště nejen na zhodnocení druhů, nýbrž i nižších taxonů, jejichž rozdílné ekologické nároky by mohly o zkoumaných stanovištích prozradit více.



Obrázek 5: Místo výzkumu, mrtvé rameno řeky Tiszy.

Obrázek A – mapa Maďarska, tečkou označeno místo odběru

Obrázek B – mapa systému mrtvých ramen Tiszy Tiszadob. Písmeny A–E označena jednotlivá mrtvá ramena: A – Darab-Tisza; B – Falu-Tisza; C – Malom-Tisza; D – Szücs-Tisza; E – Felső-Darab-Tisza.



Obrázek 6: Naměřené přírodně konzervační hodnoty (Krasznai a kol. 2008), převedeno do češtiny. Písmeny D, R a M v legendě vzorku označena kritéria diverzity (D), vzácnosti zastoupených druhů (R) a vyspělosti ekosystému (M). Pro každé stanoviště je vyhodnocen NCV index podle Coeslovy i Fehérové metriky (písmena C a F u jednotlivých sloupců).

6. Závěry

Různé biomonitorovací systémy se dramaticky liší svým účelem a zaměřením. Pro potřeby zjištění hodnoty ekosystémů za účelem jejich ochrany nebo pro zjištění některých změn způsobených eutrofizací a acidifikací je výhodné využít ekologické systémy.

NCV index se ukázal být užitečnou metodou pro vypořádání změn v mokřadních ekosystémech v čase a mezi jednotlivými stanovišti, které nejsou zjevné ze zastoupené makroflóry. Má zřejmě díky využití citlivých organismů s krátkou generační dobou potenciál odhalit jinak skrytý ekologický stav ekosystémů stížených např. eutrofizací nebo acidifikací během minulého století. Lze očekávat i možnost využití pro zhodnocení změn odehrávajících se v naopak revitalizovaných lokalitách.

Význam regionálních rozdílů v zastoupení druhů je pro metriku znatelný, ale nikoli zásadní. Přesto může být užitečné uzpůsobení metriky pro regionální potřeby na základě místních poměrů v zastoupení zjišťovaných druhů, tedy především jejich vzácnosti.

Přehled použité literatury

CELLAMARE, Maria, Soizic MORIN, Michel COSTE a Jacques HAURY, 2012. Ecological assessment of French Atlantic lakes based on phytoplankton, phytobenthos and macrophytes. *Environmental Monitoring and Assessment* [online]. **184**(8), 4685–4708. ISSN 01676369.

Dostupné z: doi:10.1007/s10661-011-2295-0

COESEL, P. F.M., 2001. A method for quantifying conservation value in lentic freshwater habitats using desmids as indicator organisms. *Biodiversity and Conservation* [online]. **10**(2), 177–187. ISSN 09603115. Dostupné z: doi:10.1023/A:1008985018197

COESEL, P F M, 2000. Sieralgen en natuurwaarden van wateren op de Utrechtse Heuvelrug. *De levende natuur*. **101**(3), 80–84.

COESEL, Peter F. M. a Koos MEESTERS, 2007. Desmids of the Lowlands: Mesotaeniaceae and Desmidiaceae of the European Lowlands [online]. 352. Dostupné z: doi:10.1111/j.1365-2427.2008.02131.x

FEHÉR, Gizella, 2007. Use of Desmidiaceae flora for monitoring Suppl., a case of South-Hungarian waters. *Arch. Hydrobiol. Arch. Hydr*(17/3–4, 161/3–4), 417–433.

HANOUSKOVÁ, Andrea, 2016. *Ombrotrofie a minerotrofie kyselých mokřadů - ekologické a environmentální indikátory*. B.m. Karlova univerzita.

KALINA, Tomáš a Jiří VÁŇA, 2005. *Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii*. B.m.: Nakladatelství Karolinum. ISBN 978-80-246-1036-8.

KARR, James R, 1986. Assessing biological integrity in running waters : a method and its rationale . Illinois : Illinois Natural History Survey. (September).

KELLY, M. G., 1998. Use of the trophic diatom index to monitor eutrophication in rivers. *Water Research* [online]. **32**(1), 236–242. ISSN 00431354. Dostupné z: doi:10.1016/S0043-1354(97)00157-7

KELLY, M.G., 2001. *diatom trophic index- Users Manual*. 2001. ISBN 1-857-05597-7.

KELLY, Martyn, Lydia KING a Bernadette Ní CHATHÁIN, 2009. The conceptual basis of ecological status assessments using diatoms. *Biology and Environment* [online]. **109**(3), 175–189. ISSN 07917945. Dostupné z: doi:10.3318/BIOE.2009.109.3.175

KRASZNAI, Enikő, Gizella FEHÉR, Gábor BORICS, Gábor VÁRBÍRÓ, István

GRIGORSZKY a Béla TÓTHMÉRÉSZ, 2008. Use of desmids to assess the natural conservation value of a Hungarian oxbow (Malom-Tisza, NE-Hungary). *Biologia* [online]. **63**(6), 928–935. ISSN 1336-9563. Dostupné z: doi:10.2478/s11756-008-0144-6

LENZENWERER, Rupert, 1996. *Desmidiaceenflora von Österreich, Vol. 1*. B.m.: Bibliotheca Phycologica.

MARVAN, Petr a Denisa NĚMEJCOVÁ, 2012. Změny v koncepci ČSN 757716 – Stanovení saprobního indexu.

RYDIN, Hågan a John K. JEGLUM, 2013. The Biology of Peatlands. In: . 2. vyd. B.m.: Oxford University Press, s. 1–3.

SLÁDECEK, V, 1973. System of water quality from the biological point of view [online]. [vid. 2018-05-08]. Dostupné z: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=EY7503612>

VITT, 2006. *Boreal Peatland Ecosystems*. B.m.: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. ISBN 3-540-31912-3.

Univerzita Karlova
Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Biologie



Lucie Henková Mauleová

Biomonitoring ekologického stavu rašelinišť – NCV index, acidifikace a eutrofizace
Ecological biomonitoring of peatlands – the NCV index, acidification and eutrophication

Bakalářská práce

Školitel: doc. RNDr. Jiří Neustupa, Ph.D.

Praha, 2018

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 15. srpna 2018

Podpis

Poděkování

Ráda bych poděkovala svému školiteli Jiřímu Neustupovi za ochotu, trpělivost a cenné rady při vedení této práce Janu Šťastnému za ochotné konzultace a doporučenou literaturu.

Abstrakt

Biomonitoring je metoda stanovení vlastností ekosystému na základě jeho biologických vlastností, zejména složení bioty. Na základě různých biomonitorovacích systémů zaměřených na vodní ekosystémy je možné kvantifikovat například čistotu nebo úživnost vody pro potřeby vodního hospodářství nebo charakterizovat ekologický stav ekosystému pro vědecké a ochranné účely. Zatímco biomonitorovací systémy zabývající se jakostí vody jsou velmi rozšířené a rutinně používané, systémy zabývající se charakteristikou ekologického stavu ekosystémů (např. sukcesní stadium, stabilita) jsou využívány méně a jejich širší využití v budoucnu by mohlo napomoci lepšímu pochopení a managementu některých vodních ekosystémů.

Jedním z ekologicky zaměřených biomonitorovacích systémů je NCV index (natural conservation value index, index přírodní konzervační hodnoty), který je zaměřen na mokřady, k jejichž hodnocení využívá krásivková společenstva. Pomocí zhodnocení druhové diverzity, vzácnosti zastoupených druhů a vyspělosti ekosystému, pro který jsou tyto typické, se NCV index snaží zprostředkovaně popsat hodnotu ekosystému z hlediska jeho nahraditelnosti.

Klíčová slova: biomonitoring, rašeliniště, krásivky, NCV index, trofie, saprobity, acidifikace, eutrofizace

Abstract

Biomonitoring is a method of ecosystem properties determination based on its biological properties, especially composition of the biota. Based on various aquatic-oriented biomonitoring systems, it is possible to quantify, for example, water purity or trophic index for water management purposes or to characterize the ecological status of the ecosystem for scientific and conservation purposes. While water quality-oriented biomonitoring systems are widespread and routinely used, ecology state-oriented (quantifying qualities like succession stage or stability) are less exploited and their wider use in the future could help understanding and management of some aquatic ecosystems.

One of the ecology-oriented biomonitoring systems is NCV index (natural conservation value index) oriented to wetlands which it evaluates through their desmid biota, measuring species diversity, rarity of represented species and ecosystem maturity for which they are typical, and rarity of represented species NCV index aims to describe the value of the ecosystem in terms of its replicability.

Key words: biomonitoring, peatlands, desmids, NCV index, trophic state, saprobity, acidification, eutrophication

Obsah

Abstrakt

Abstract

1. Úvod.....	1
1.1. Cíle práce	1
1.2. Úvod do ekologicky zaměřeného biomonitoringu	1
2. Biomonitoring obecně.....	2
2.1. Vymezení pojmů a oblasti zájmu	2
2.2. Klasifikace	2
2.3. Biomonitorovací systémy zaměřené na kvalitu vody	2
2.3.1. Saprobni systémy	3
2.3.2. Trofické systémy	3
2.3.3. Kombinované troficko-saprobni systémy	3
2.4. Další systémy orientované na vlastnosti vody.....	3
2.5. Ekologické systémy	4
2.5.1. Příklady	4
3. Úvod do biologie krásivek	5
3.1. Morfologie	5
3.2. Rozmnožování	5
3.3. Výskyt a ekologické nároky	6
4. Rašeliniště.....	7
4.1. Druhy rašelinišť	7
4.2. Flora rašelinišť	9
4.3. Biomonitoring rašelinišť	9
4.4. Acidifikace a eutrofizace	9
5. NCV index	10
5.1. Princip výpočtu.....	10

5.2.	Kritéria.....	10
5.3.	Výběr bioindikačních druhů	11
5.4.	Příklady využití ve studiích	11
5.4.1.	Coesel, 2000	11
5.4.2.	Krasznai, 2008.....	12
6.	Závěry	14
	Přehled použité literatury	15

1. Úvod

1.1. Cíle práce

Cílem práce je přehledně shrnout koncept biomonitoringu ekologického stavu rašeliništních mokřadů na základě struktury společenstev fyto-bentosu.

Práce se věnuje klasifikaci biomonitoringu obecně, charakteristice ekologických biomonitorovacích systémů, z nichž se věnuje především NCV indexu a jeho využití ke stanovení konzervační hodnoty mokřadů.

1.2. Úvod do ekologicky zaměřeného biomonitoringu

Vodní ekosystémy v největší obecnosti jsou pro lidstvo hospodářsky významné, a to především jako zdroj vody. Je proto žádoucí mít rutinně použitelné metody ke zjištění kvality vody, čehož lze dosáhnout mnohdy zhodnocením bioty takového vodního ekosystému. Biomonitoring vodních ekosystémů je proto nejčastěji právě na kvalitu vody zaměřen, typicky zjišťuje její úživnost (obsah především anorganických látek umožňujících růst biomasy) nebo míru znečištění organickými látkami.

Pro potřeby ochrany přírody a další výzkum je ale užitečné znát nejen kvalitu vody, ale také ekosystému samotného. Některé ekosystémy jsou snadněji nahraditelné než jiné, a to jednak z hlediska stability, tedy odolnosti ekosystému proti nahrazení jiným, a jednak z hlediska konzervační hodnoty, tedy obnovitelnosti, respektive neobnovitelnosti takového ekosystému v případě jeho nahrazení jiným (dále rozebráno v kapitole 6. NCV index). Biomonitorovací systémy, které se snaží popsat stav ekosystému nazývám v této práci ekologické biomonitorovací systémy (dále rozebráno v kapitolách 2.2. Klasifikace a 2.5. Ekologické systémy).

Jedním z ekologicky zaměřených biomonitorovacích systémů je NCV index (natural conservation value index, index přírodní konzervační hodnoty). Oproti jiným ekologickým systémům založeným např. na makrofauně (Karr 1986) nebo rozsivkách (Bacillariophyceae) (Kelly a kol. 2009) nebo široké škále taxonů (Cellamare et al. 2012), NCV index je založen na společenstvech krásivek (Desmidiaceae) a zaměřuje se na rozdíl od dříve zmíněných systémů na monitoring mokřadů, zvláště rašelinišť.

2. Biomonitoring obecně

2.1. Vymezení pojmů a oblasti zájmu

Biomonitoringem se pro potřeby této práce rozumí metoda stanovení vlastností ekosystému na základě biologických vlastností, typicky složení jeho bioty. Biomonitorovacím systémem se rozumí soubor pravidel ke stanovení určitých vlastností ekosystému pro příslušnou skupinu ekosystémů (např. NCV index, Trophic diatom index, ...). Tato práce se věnuje biomonitorovacím systémům zaměřeným na stanovení vlastností vodních ekosystémů, a to zejména na základě složení řasové bioty.

2.2. Klasifikace

Biomonitorovací systémy lze zjednodušeně sdružit do skupin podle předmětu jejich zájmu a dále podle jeho zjišťovaných vlastností. První velkou skupinou jsou systémy zjišťující prostřednictvím bioty vlastnosti vody. Proti nim stojí druhá skupina popisující na základě složení bioty vlastnosti ekosystému, tedy částečně bioty samotné. Zatímco první skupina biomonitorovacích systémů využívá korelace složení bioty s vlastnostmi vody k popisu vlastností vody (např. množství rozpuštěných minerálních živin, množství obsaženého organického odpadu, pH, salinita, ...), které by bylo z nějakého důvodu nespolehlivé, obtížné nebo nemožné měřit přímo, druhá skupina popisuje ekosystém samotný např. z hlediska jeho stability (Coesel 2001; Karr 1986). Takové biomonitorovací systémy jsou pro potřebu této práce označeny souhrnně jako ekologické.

Ekologické systémy jsou do určité míry definované kruhem, jsou určeny ke shrnutí vlastností studované bioty. Zjištěné hodnoty se proto hodí především jako výchozí data pro další výzkum daných lokalit. Mezi ekologické systémy můžeme řadit i takové, které sice přísně vzato zjišťují vlastnosti vody, ale činí tak za účelem předpovědi osudu ekosystému na dané lokalitě (Kelly et al. 2009).

Z první skupiny na kvalitu vody zaměřených systémů jsou nejčastěji využívány navzájem se doplňující systémy saprobní a trofické, zaměřující se na zjišťování znečištění, respektive úživnosti vody, a to často pro hospodářské účely.

2.3. Biomonitorovací systémy zaměřené na kvalitu vody

Saprobní systémy zkoumají míru organického znečištění, kterou určují na základě složení společenstva vybraných skupin organismů typicky do několika upořádaných kategorií.

Trofické systémy zkoumají míru úživnosti, tedy množství biomasy, kterému je dané prostředí schopno dát za vznik v souvislosti s dostupnými minerálními živinami.

Oba typy, trofické i saprobní systémy, jsou zaměřeny na zjišťování kvality vody a využívány ve vodním hospodářství (Coesel 2001).

2.3.1. Saprobní systémy

Saprobní systémy zkoumají míru znečištění, kterou určují na základě složení společenstva vybraných skupin organismů typicky do několika upořádaných kategorií.

2.3.1.1. *Kvantifikace*

Saprobní systémy měří na základě složení společenstva zprostředkovaně saprobitu. Ta je definována jako Ke kvantifikaci míry znečištění využívají saprobní systémy množství biomasy přítomné v jednotce objemu.

2.3.1.2. *Příklady*

Mezi saprobní systémy patří např. systémy podle Zelinky a Marvana (Marvan a Němejcová 2012) nebo Sládečka (1973).

2.3.2. Trofické systémy

2.3.2.1. *Kvantifikace*

Ke kvantifikaci úživnosti využívají množství biomasy v jednotce objemu, kterému je schopno dané prostředí dát vzniknout v předem definovaných podmínkách (nárůst biomasy řasy do konstantní hmotnosti sušiny ve vzorku vody).

2.3.2.2. *Příklady*

Mezi trofické systémy patří např. Trophic diatom index, trofický rozsivkový index (Kelly 2001, 1998).

2.3.3. Kombinované troficko-saprobní systémy

V některých případech saprobity a trofie ekosystému úzce souvisí, případně se doplňuje a různé kombinace těchto vlastností definují dobře typ vodního ekosystému. Takovým kombinovaným biomonitorovacím systémem je např. Sládečkův troficko-saprobní systém.

2.4. Další systémy orientované na vlastnosti vody

Mezi další tradičně využívané systémy patří systémy rybí pásem, pH-orientované systémy a systémy orientované na salinitu.

2.5. Ekologické systémy

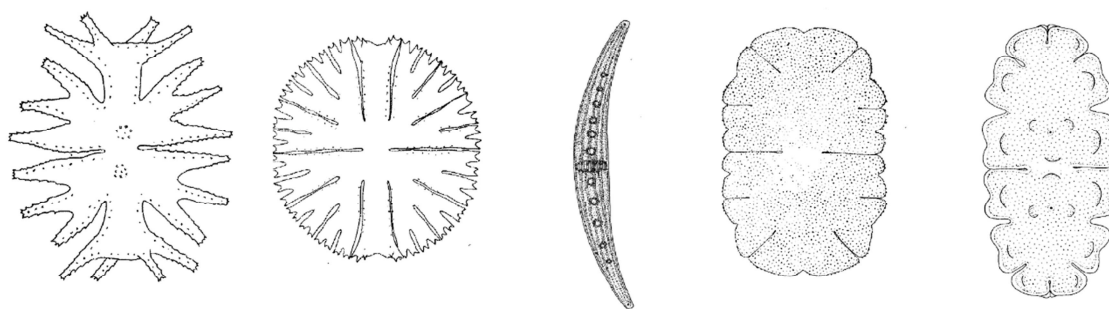
2.5.1. Příklady

Ekologický systém založený na rozsivkách, vzniklý v reakci na evropskou legislativu a orientovaný na eutrofizaci řek odpadní vodou vytvořil Kelly (2009).

Za ekologický systém se dají považovat pravděpodobně i systémy rybích pásů, které kromě vlastností vody prostřednictvím makrobioty charakterizují vlastně i onu makrobiotu samotnou.

Dalším příkladem je Index biotické integrity (Karr 1986) určený pro USA a založený na makrobiotě. Je určen pro tekoucí vody a jeho kritérii jsou druhové složení, úživnost, abundance rybích druhů a kondice ekosystému.

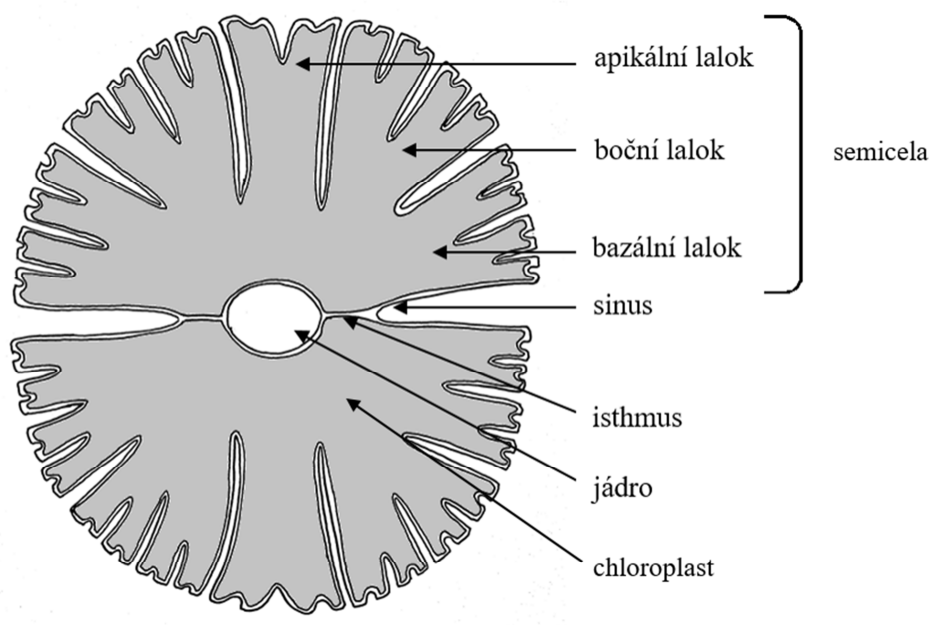
3. Úvod do biologie krásivek



Obrázek 1: Zástupci řádu krásivky (Desmidiales). Jednotlivé obrázky převzaty z (Coesel a Meesters 2007).

Krásivky (Desmidiales) jsou řád zelených převážně vodních řas třídy Zygnematophyceae.

3.1. Morfologie



Obrázek 2: Morfologie typické krásivkové buňky

Jedná se o převážně jednotlivé buňky s dvoudílnou buněčnou stěnou často oddělenou výrazným zúžením v místě jejich spojení. (viz *Obrázek 2*). Několik rodů tohoto řádu jsou vláknité řasy nebo typické jednobuněčné krásivky tvořící krátká vlákna (Kalina a Váňa 2005).

3.2. Rozmnožování

Stejně jako ostatní řasy ze skupiny spájivek (Zygnematophyceae) i krásivky (Desmidiales) jsou schopny pohlavního rozmnožování spájením, které probíhá splnutím améboidních

protoplastů opustivších buněčnou stěnu (Coesel a Meesters 2007; Kalina a Váňa 2005). Mnohem běžněji se ale rozmnožují nepohlavně, a to protažením střední části buňky a dotvořením jedné poloviny semicely (Kalina a Váňa 2005).

3.3. Výskyt a ekologické nároky

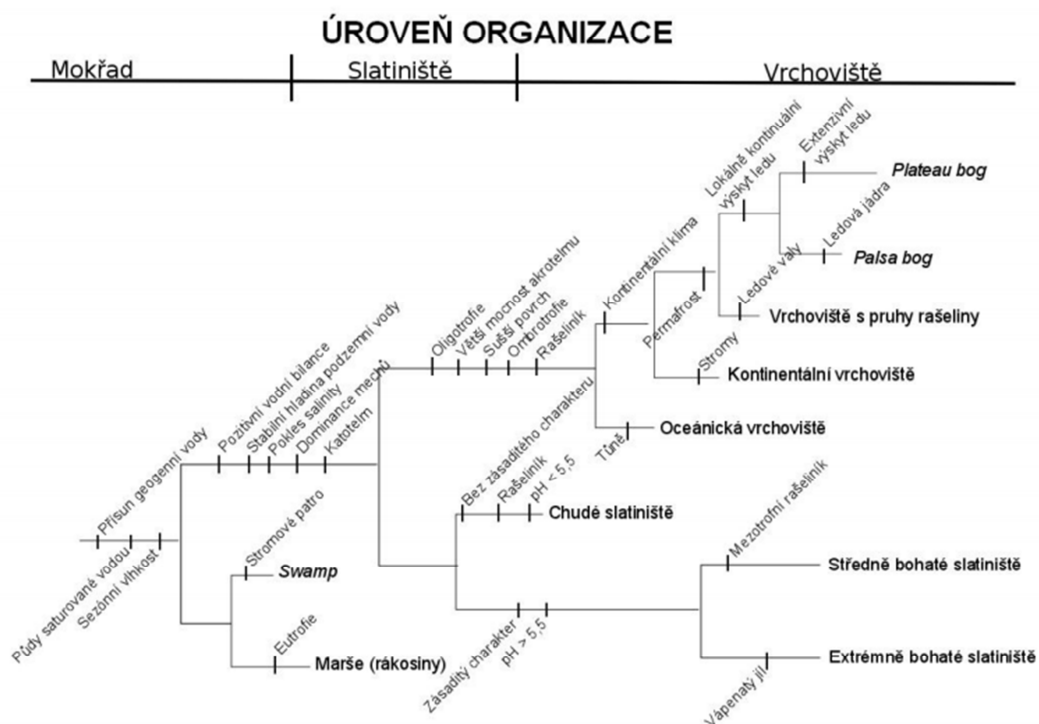
Krásivky se vyskytují celosvětově, v mírném pásu se vyskytují především v čistých méně úživných vodách. V Rakousku byla zaznamenána jedna z největších diverzit krásivek právě v mírně kyselých rašeliništích (pH 6 – 6,8), dále pak v kyselých mezotrofních vodách (pH 5 – 6,5) (Kalina a Váňa 2005 podle Lenzenwerera 1996). Jednotlivé druhy krásivek mají vyhraněné ekologické nároky, což je předurčuje k využití coby bioindikátorů v biomonitoringu vodních ekosystémů.

4. Rašeliniště

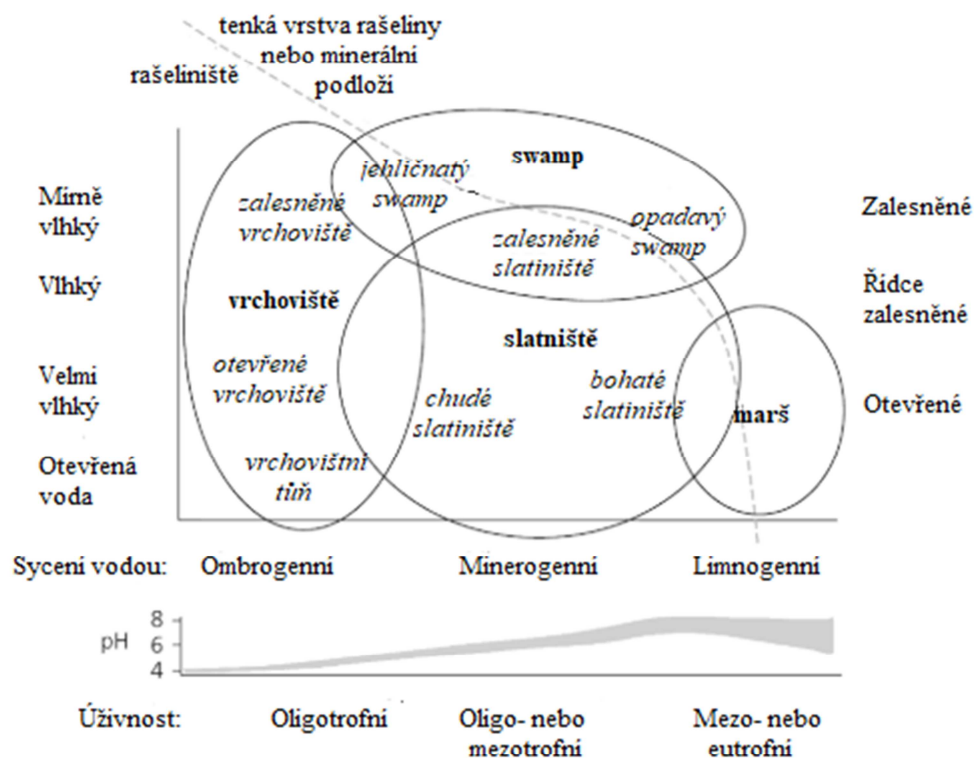
Rašeliniště jsou skupina vnitrozemských mokřadních biotopů, kde v důsledku trvalého zamokření spodní nebo srážkovou vodou (viz 5.1. *Druhy rašelinišť*) a s ním související anoxií dochází k nedostatečnému rozkladu hromadící se biomasy, typicky mechů. Dochází k nedokonalému odbourávání organické hmoty a vzniku rašeliny (Rydin a Jeglum 2013). Díky těmto a dalším, pro určité druhy rašelinišť specifickým, vlastnostem jsou rašeliniště domovem unikátní bioty. Rašeliniště jsou tradičně vnímána jako terestrické ekosystémy, ačkoli hostí vodní biotu hodnou samostatné pozornosti a stojí proto spíše na pomezí terestrických a vodních ekosystémů (Rydin a Jeglum 2013). Pro účely této práce rozumíme rašeliništi zejména jejich vodní složku a její biotu.

4.1. Druhy rašelinišť

Rašeliništi je nazývána velmi široká skupina biotopů navzájem se od sebe lišících polohou v různých zeměpisných šířkách, nadmořských výškách a dalšími vlastnostmi (Rydin a Jeglum 2013), což je důvodem nekonzistence bioty rašelinišť podle této jejich široké definice. Pro účelnější popis stanovišť spadajících do této skupiny bylo vytvořeno několik klasifikací rašelinišť podle sycení vodou, reakce (kyselosti), minerálního složení a úživnosti vody, ale také z hlediska charakteru terénu, jeho zalesnění, výskytu tůní atd. (Rydin a Jeglum 2013; Vitt 2006). Přehled druhů boreálních mokřadů a rašelinišť poskytuje *Obrázek 3*, resp. *Obrázek 4*.



Obrázek 3: Členění boreálních mokřadů (Vitt 2006), převedeno do češtiny (Hanousková 2016)



Obrázek 4: Klasifikace rašeliníšť (Rydin a Jeglum 2013), převedeno do češtiny

4.2. Flora rašelinišť

Hlavním primárním producentem se současnou strukturní funkcí jsou mechy, u typických rašeliničkových rašelinišť pak zástupci rodu *Sphagnum*, rašelínky.

Z cévnatých rostlin obývají rašeliniště druhy adaptované na živinami chudé prostředí, typicky rostliny z čeledi Ericaceae adaptované na podmínky rašeliniště díky erikoidní mykorhize, nebo masožravé rostliny (např. rosnatky, bublinatky...) kompenzující nedostatek minerálních živin v prostředí lovem drobných živočichů; dále různé druhy ostřic (*Carex*), např. *Carex limosum*.

4.3. Biomonitoring rašelinišť

Rašeliniště jsou typická akumulací velkého množství nerozloženého organického materiálu. Ten je zároveň úložištěm minerálních živin, zejména dusíku a fosforu, které se tak stávají nedostupnými pro další biotu. Ta může získávat živiny převážně pouze z vody, kterou je rašeliniště napájeno.

4.4. Acidifikace a eutrofizace

Změní-li se složení vody, která rašeliniště nebo podobný mokřad napájí, změní se výrazně i jeho mikrobiota. Vzhledem k citlivosti krásivek na prostředí je možné takové změny vyzorovat na změně jejich zastoupení (Coesel 2000).

5. NCV index

NCV index (*natural conservation value*, index přírodně konzervační hodnoty) je biomonitorovací systém kvantifikující konzervační hodnotu, respektive nenahraditelnost a zároveň stabilitu lokality.

Vychází z ekonomického konceptu, který říká, že komodita má tím větší hodnotu, čím je vzácnější, nedostupnější. Vyšší hodnotu má podle tohoto předpokladu ekosystém, jehož nahraditelnost je malá, tedy ekosystém, který by se po disturbanci vracel do svého současného stavu dlouho, obtížně (např. s omezením na velmi specifické lokality), nebo by se do něj vůbec nevrátil (např. v důsledku vyhubení endemitů). Naopak ekosystémy spíše pionýrského charakteru jsou nahraditelné snadno; přímo na původním stanovišti, nebo na mnoha jiných se může podobný ekosystém samovolně vyvinout za krátkou dobu a bez zvláštních nároků.

Jelikož konzervační hodnota ekosystému může být dle tohoto pohledu dána několika navzájem nepřilíš závislými vlastnostmi, využívá se pro její popsání tři *kritéria*, z nichž každé reprezentuje jednu z hlavních vlastností činících ekosystém konzervačně hodnotným (dále viz Kritéria).

5.1. Princip výpočtu

Konzervační hodnota ekosystému pro potřeby NCV indexu je dána součtem hodnot tří *kritérií*, a sice druhové diverzity, vzácnosti vyskytujících se druhů a vyspělosti ekosystému. Bioindikačním druhům jsou přiděleny číselné hodnoty na určité škále pro každé ze tří výše zmíněných kritérií. Výsledná hodnota každého faktoru je průměrem hodnot pro dané kritérium všech bioindikačních druhů zaznamenaných ve zkoumaném ekosystému.

5.2. Kritéria

Kritéria konzervační hodnoty jsou na sobě navzájem méně závislé vlastnosti ekosystému, které vyjadřují míru jeho nenahraditelnosti. Díky využití několika kritérií tak mohou dosahovat stejné konzervační hodnoty ekosystémy s navzájem rozdílnými konzervačními kvalitami.

Druhová diverzita (species diversity) odráží celkovou vyspělost a komplexitu ekosystému a diverzitu nik. Souvisí se stabilitou ekosystému, neboť druhově bohaté společenstvo obývajících velké množství nik je méně náchylné k vytlačení jinými druhy. Nabývá kategoriálních hodnot od jedné do tří dle množství druhů, a to podle arbitrárně stanovené hranice počtu druhů. Hranice je zvlášť stanovena pro tři kategorie stanovišť rozdělené podle kyselosti, s ohledem

na největší diverzitu krásivek v mírně kyselých vodách (Coesel 2001; Kalina a Váňa 2005 dle Lenzenwerera 1996).

Vzácnost druhů (rarity) vyskytujících se v ekosystému odráží oproti předchozím kritériím stabilitu, vyspělost ekosystému, ale spíše naopak jeho zranitelnost. Vychází z úvahy, že výskyt vzácných druhů souvisí s unikátními a těžko nahraditelnými abiotickými podmínkami prostředí (Coesel 2001). Nabízí se však otázka, nakolik je výskyt velmi vzácných, i endemických druhů spojen s podmínkami prostředí a nakolik je výsledkem náhody a do značné míry ostrovního chování vodních ekosystémů v souvislé souši. Zvláště v případě ostrovně-ekologického vysvětlení výskytu vzácných druhů lze považovat takové stanoviště za unikátní přinejmenším v regionálním měřítku a kritérium vzácnosti tak svůj účel naplňuje.

Hodnota vzácnosti pro dané stanoviště se stanovuje opět kategoriálně podle součtu hodnot vzácnosti všech vyskytujících se druhů. Tyto hodnoty jsou druhům přiděleny a nabývají hodnot od nuly do tří, samotná hodnota vzácnosti pro stanoviště nabývá opět hodnot od jedné do tří a určuje se opět zvlášť pro tři kategorie vody podle kyselosti.

Vyspělost ekosystému (maturity) souvisí s jeho nahraditelností ve dvou smyslech, a sice ve smyslu větší stability, a tedy nižší tendence vyspělých ekosystémů být nahrazeny pionýrskými, a ve smyslu větší náročnosti dosáhnout takového stavu ekosystému oproti ekosystému ruderálnímu. Počítá se analogicky k vzácnosti, ale nabývá hodnot od jedné do čtyř. Tento relativní větší důraz je vysvětlen významem tohoto kritéria pro rozpoznání target species pro účely ochrany (Coesel 2001).

5.3. Výběr bioindikačních druhů

Konzervační hodnota podle NCV indexu nezávisí na kyselosti vody. Vzhledem k závislosti složení krásivkových společenstev vodních ekosystémů na kyselosti vody využívá NCV index oddělené soubory bioindikačních druhů s přiřazenými hodnotami jednotlivých kritérií pro vodní tělesa s různou kyselostí vody. Konkrétně se jedná o tři oddělené podsoubory pro různou kyselost vody.

5.4. Příklady využití ve studiích

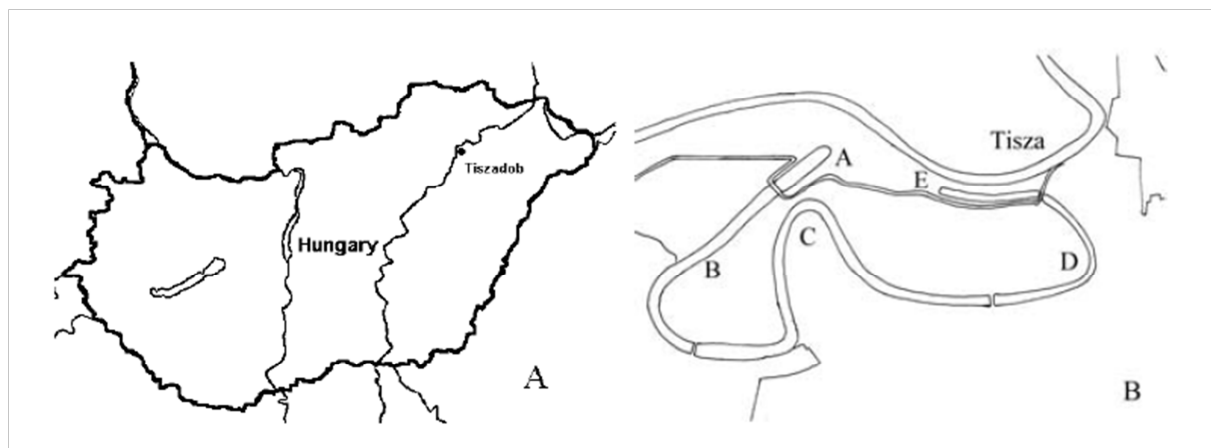
5.4.1. Coesel, 2000

Coesel (2000) popisuje studii z Utrechtu, kde byly vyhodnoceny vzorky z devíti lokalit různých velikostí a vyhodnoceno zastoupení a abundance jednotlivých druhů krásivek. Studie ukázala velký rozpor mezi ekologickým stavem stanovišť, který by napovídala přítomná makroflóra, a krásivkovými společenstvy, což Coesel přisuzuje výrazné změně podmínek

prostředí v dané oblasti způsobené člověkem (acidifikace), na kterou citlivější krásivky s krátkou generační dobou zareagovaly pružněji. To hovoří ve prospěch potenciálu metody založené na jejich společenstvu odhalit rychleji změny ve stavu ekosystému, které makroflóra zaznamená až po delší době.

5.4.2. Krasznai, 2008

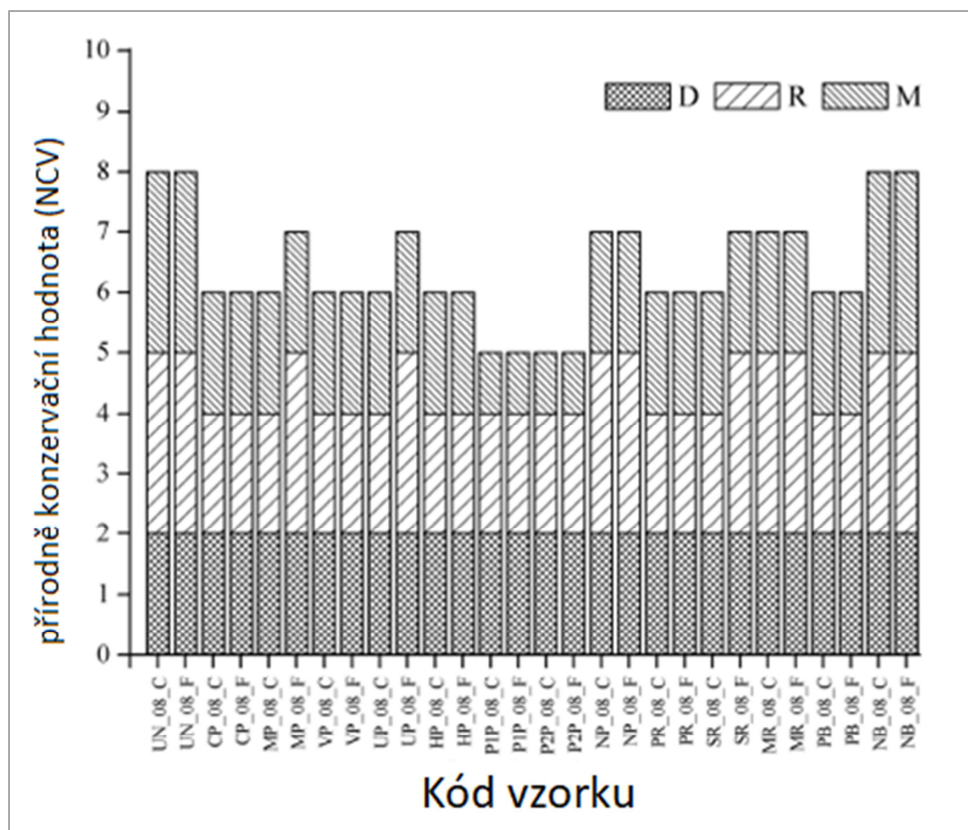
Studie z Maďarska (Krasznai a kol. 2008) se pokusila využít Coeselovu metodu pro zhodnocení přírodně konzervační hodnoty mrtvého ramene řeky Tisza (viz *Obrázek 5*). Mrtvá ramena nebo jim podobné biotopy jsou v Maďarsku dominantními typy mokřadů (Krasznai a kol. 2008), bylo by proto užitečné mít k dispozici metodu vhodnou k jejich hodnocení. Pro účely využití metody v tomto regionu byly v předchozím kroku přehodnoceny hodnoty vzácnosti jednotlivých druhů s ohledem na jejich odlišnou vzácnost, a tedy indikační potenciál oproti Nizozemí, kde původní metoda vznikla (Krasznai a kol. 2008, Fehér 2007). NCV index byl potom stanoven podle obou metrik (viz *Obrázek 6*). Studie ukázala, že rozdíl výsledků při využití různých metrik je minimální (viz *Obrázek 6*). Zároveň poukázala na význam diverzity mikrohabitatů. Výsledkem bylo seznání metody užitečnou pro hodnocení tohoto typu biotopů, ačkoli bylo navrženo zaměřit se napříště nejen na zhodnocení druhů, nýbrž i nižších taxonů, jejichž rozdílné ekologické nároky by mohly o zkoumaných stanovištích prozradit více.



Obrázek 5: Místo výzkumu, mrtvé rameno řeky Tiszy.

Obrázek A – mapa Maďarska, tečkou označeno místo odběrů

Obrázek B – mapa systému mrtvých ramen Tiszy Tiszadob. Písmeny A–E označena jednotlivá mrtvá ramena: A – Darab-Tisza; B – Falu-Tisza; C – Malom-Tisza; D – Szücs-Tisza; E – Felső-Darab-Tisza.



Obrázek 6: Naměřené přírodně konzervační hodnoty (Krasznai a kol. 2008), převedeno do češtiny. Písmeny D, R a M v legendě vzorku označena kritéria diverzity (D), vzácnosti zastoupených druhů (R) a vyspělosti ekosystému (M). Pro každé stanoviště je vyhodnocen NCV index podle Coeslovy i Fehérové metriky (písmena C a F u jednotlivých sloupců).

6. Závěry

Různé biomonitorovací systémy se dramaticky liší svým účelem a zaměřením. Pro potřeby zjištění hodnoty ekosystémů za účelem jejich ochrany nebo pro zjištění některých změn způsobených eutrofizací a acidifikací je výhodné využít ekologické systémy.

NCV index se ukázal být užitečnou metodou pro vypořádání změn v mokřadních ekosystémech v čase a mezi jednotlivými stanovišti, které nejsou zjevné ze zastoupené makroflóry. Má zřejmě díky využití citlivých organismů s krátkou generační dobou potenciál odhalit jinak skrytý ekologický stav ekosystémů stížených např. eutrofizací nebo acidifikací během minulého století. Lze očekávat i možnost využití pro zhodnocení změn odehrávajících se v naopak revitalizovaných lokalitách.

Význam regionálních rozdílů v zastoupení druhů je pro metriku znatelný, ale nikoli zásadní. Přesto může být užitečné uzpůsobení metriky pro regionální potřeby na základě místních poměrů v zastoupení zjišťovaných druhů, tedy především jejich vzácnosti.

Přehled použité literatury

CELLAMARE, Maria, Soizic MORIN, Michel COSTE a Jacques HAURY, 2012. Ecological assessment of French Atlantic lakes based on phytoplankton, phytobenthos and macrophytes. *Environmental Monitoring and Assessment* [online]. **184**(8), 4685–4708. ISSN 01676369.

Dostupné z: doi:10.1007/s10661-011-2295-0

COESEL, P. F.M., 2001. A method for quantifying conservation value in lentic freshwater habitats using desmids as indicator organisms. *Biodiversity and Conservation* [online]. **10**(2), 177–187. ISSN 09603115. Dostupné z: doi:10.1023/A:1008985018197

COESEL, P F M, 2000. Sieralgen en natuurwaarden van wateren op de Utrechtse Heuvelrug. *De levende natuur*. **101**(3), 80–84.

COESEL, Peter F. M. a Koos MEESTERS, 2007. Desmids of the Lowlands: Mesotaeniaceae and Desmidiaceae of the European Lowlands [online]. 352. Dostupné z: doi:10.1111/j.1365-2427.2008.02131.x

FEHÉR, Gizella, 2007. Use of Desmidiaceae flora for monitoring Suppl., a case of South-Hungarian waters. *Arch. Hydrobiol. Arch. Hydr*(17/3–4, 161/3–4), 417–433.

HANOUSKOVÁ, Andrea, 2016. *Ombrotrofie a minerotrofie kyselých mokřadů - ekologické a environmentální indikátory*. B.m. Karlova univerzita.

KALINA, Tomáš a Jiří VÁŇA, 2005. *Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii*. B.m.: Nakladatelství Karolinum. ISBN 978-80-246-1036-8.

KARR, James R, 1986. Assessing biological integrity in running waters : a method and its rationale . Illinois : Illinois Natural History Survey. (September).

KELLY, M. G., 1998. Use of the trophic diatom index to monitor eutrophication in rivers. *Water Research* [online]. **32**(1), 236–242. ISSN 00431354. Dostupné z: doi:10.1016/S0043-1354(97)00157-7

KELLY, M.G., 2001. *diatom trophic index- Users Manual*. 2001. ISBN 1-857-05597-7.

KELLY, Martyn, Lydia KING a Bernadette Ní CHATHÁIN, 2009. The conceptual basis of ecological status assessments using diatoms. *Biology and Environment* [online]. **109**(3), 175–189. ISSN 07917945. Dostupné z: doi:10.3318/BIOE.2009.109.3.175

KRASZNAI, Enikő, Gizella FEHÉR, Gábor BORICS, Gábor VÁRBÍRÓ, István

GRIGORSZKY a Béla TÓTHMÉRÉSZ, 2008. Use of desmids to assess the natural conservation value of a Hungarian oxbow (Malom-Tisza, NE-Hungary). *Biologia* [online]. **63**(6), 928–935. ISSN 1336-9563. Dostupné z: doi:10.2478/s11756-008-0144-6

LENZENWERER, Rupert, 1996. *Desmidiaceenflora von Österreich, Vol. 1*. B.m.: Bibliotheca Phycologica.

MARVAN, Petr a Denisa NĚMEJCOVÁ, 2012. Změny v koncepci ČSN 757716 – Stanovení saprobního indexu.

RYDIN, Hågan a John K. JEGLUM, 2013. The Biology of Peatlands. In: . 2. vyd. B.m.: Oxford University Press, s. 1–3.

SLÁDECEK, V, 1973. System of water quality from the biological point of view [online]. [vid. 2018-05-08]. Dostupné z: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=EY7503612>

VITT, 2006. *Boreal Peatland Ecosystems*. B.m.: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. ISBN 3-540-31912-3.